

# ILLUMINATING OPTIC DEVICE

**Publication number:** JP3246615 (B2)

**Publication date:** 2002-01-15

**Inventor(s):** SHIBUYA MASATO

**Applicant(s):** NIKON CORP

**Classification:**


- international: **G03F7/20; H01L21/027; G03F7/20; H01L21/02;** (IPC1-7): G03F7/20; H01L21/027

- European: G03F7/20T12; G03F7/20T14

**Application number:** JP19920219782 19920727

**Priority number(s):** JP19920219782 19920727

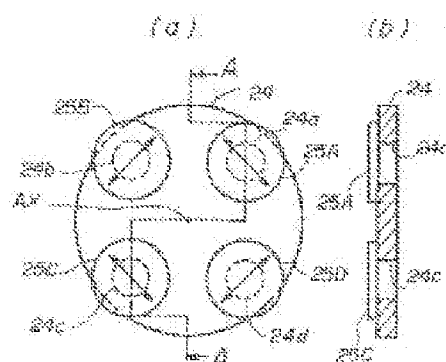
**Also published as:**

 JP6053120 (A)

Abstract of **JP 6053120 (A)**

**PURPOSE:** To improve image contrast for oblique illumination performed by a plurality of illuminating devices when a reticle pattern is a line-and-space pattern whose lengthwise direction is vertical to the incident plane of the illuminating light.

**CONSTITUTION:** Four apertures 24a-24d of a space filter as a secondary light source forming part are covered with a polarizing plates 24A-25D and the polarizing direction of the polarizing plates 25A-25D is set in the direction of the tangential line of a circumference whose axis is an optical axis AX.



.....  
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3246615号

(P3246615)

(45)発行日 平成14年1月15日(2002.1.15)

(24)登録日 平成13年11月2日(2001.11.2)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 3 F 7/20

識別記号  
5 2 1

F I  
G 0 3 F 7/20 5 2 1  
H 0 1 L 21/30 5 1 5 D

請求項の数5(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-219782

(22)出願日 平成4年7月27日(1992.7.27)

(65)公開番号 特開平6-53120

(43)公開日 平成6年2月25日(1994.2.25)

審査請求日 平成11年7月26日(1999.7.26)

(73)特許権者 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 渋谷 真人

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株  
式会社ニコン 大井製作所内

(74)代理人 100098165

弁理士 大森 聡

審査官 南 宏輔

(56)参考文献 特開 平1-143216 (J P, A)

特開 平4-180612 (J P, A)

特開 平3-227512 (J P, A)

特開 平5-88356 (J P, A)

特開 平5-109601 (J P, A)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 照明光学装置、露光装置、及び露光方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明光学系からの照明光によって物体上の所定領域を均一に照明する照明光学装置において、前記照明光学系は、前記所定領域を斜め方向から照明する傾斜光を形成する傾斜光形成手段と、前記所定領域を斜め方向から照明する前記傾斜光を変換して、該傾斜光の入射面に対し直交した方向に直線偏光する照明光を形成する偏光手段とを有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項2】 照明光を供給する光源と該照明光で物体上の所定領域を均一に照明する集光光学系とを有する照明光学装置において、前記照明光によって前記集光光学系の光軸に対し偏心した2次光源を形成して前記所定領域を斜め方向から照明する傾斜光を形成する傾斜光形成手段を前記光源と前記

集光光学系との間に配置し、

前記所定領域を斜め方向から照明する前記傾斜光を変換して、該傾斜光の入射面に対し直交した方向に直線偏光する照明光を形成する偏光手段を前記傾斜光形成手段と前記集光光学系との間に配置したことを特徴とする照明光学装置。

【請求項3】 前記傾斜光形成手段は、凹部を有する第1多面体プリズムと凸部を有する第2多面体プリズムとを有することを特徴とする請求項1又は2に記載の照明光学装置。

【請求項4】 前記物体としてのレチクルを照明する請求項1又は2に記載の照明光学装置と、前記レチクルのパターン像を感光基板に投影する投影光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項5】 請求項1又は2に記載の照明光学装置を

用いて前記物体としてのレチクルを照明し、前記レチクルのパターンを転写することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば半導体素子又は液晶表示素子等を製造する際に使用される投影露光装置の照明系に適用して好適な照明光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンを感光基板上に転写する投影露光装置が使用されている。斯かる投影露光装置においては、半導体素子等の高集積化に伴い、より微細なパターンを高解像度で焼き付けることが要求されている。これを実現する方法として、レチクルのパターン領域の異なる透明部からの光の干渉効果を利用する位相シフトレチクル法が特公昭62-50811号公報に開示されている。この方法をライン・アンド・スペース像に応用すると基本的に0次回折光がなくなり、±1次回折光のみによる結像となり、同一の開口数の投影光学系でも従来のレチクルの場合よりも微細なライン・アンド・スペース像を高い解像度で焼き付けることができる。

【0003】また、より解像度を高めるための別のアプローチとして、照明光学系を工夫して、微細なパターンを高い解像度で且つ比較的深い焦点深度で焼き付ける方法が本出願人により提案されている（例えば1992年3月応用物理学関係連合講演会予稿集30-a-NA-3、4参照）。以下ではその方法を「複数傾斜照明法」と呼び、図8を参照してその方法につき説明する。先ず図8（a）は複数傾斜照明法を適用した照明光学系における2次光源部等の等価光源部10を示し、この図8

（a）において、直交座標系を形成するx軸及びy軸に対してそれぞれ45°で交差する軸x'及びこの軸x'とy軸に関して対称な軸に沿って4個の小光源11A～11Dが配置されている。この小光源11A～11Dの配列は、転写対象とするレチクルのパターンが主にx軸に平行な長いエッジ又はy軸に平行な長いエッジを有するライン・アンド・スペースパターンの場合に適している。

【0004】図8（b）はその図8（a）の等価光源部10を光源とする投影露光装置の概略構成を示し、この図8（b）において、等価光源部10の小光源11Aからの照明光の主光線15Aが図示省略したコンデンサー

$$I(x) = 4 \{ 1 + a^2 + 2a \cdot \cos[(4\pi/\lambda)(\sin\theta)x] \}$$

【0008】ここで、入射角θは、図8（b）に示すように、0次回折光又は±1次回折光が光軸AXとなす角である。これに対して、x軸又はy軸に45°で交差する方向に長いライン・アンド・スペースパターンの場合

$$I(x') = 2 \{ 1 + a^2 + 2a \cdot \cos[(4\pi/\lambda)(\sin\theta)x] \}$$

レンズ系を介してレチクル12に光軸AXに対して斜めに照射される。等価光源部10は投影光学系13の瞳面（入射瞳面）10Aと共役であり、この瞳面には開口絞り13aが設けられている。そのレチクル12からは0次回折光（これも符号15Aで表す）及び1次回折光16Aが光軸AXに対してほぼ対称に射出され、これら0次回折光15A及び1次回折光16Aは投影光学系13を経てをほぼ同一の入射角θで感光基板としてのウエハ14に入射する。この場合、0次回折光15Aと1次回折光とが光軸AXに対して対称に瞳の周縁近くを通過するため、投影光学系13の性能限界までの解像度が得られる。

【0005】また、従来のように0次回折光がウエハ14に垂直に入射する方式では、ウエハ14のデフォーカス量に対する0次回折光の波面収差と他の回折光の波面収差とが大きく異なることから、焦点深度が浅くなっている。これに対して、図8（b）の構成では、0次回折光と1次回折光とが等しい入射角でウエハ14に入射するため、ウエハ14が投影光学系13の焦点位置の前後にあるときの0次回折光と1次回折光との波面収差は相等しく、焦点深度が深くなっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】その複数傾斜照明法では、x軸方向又はy軸方向のライン・アンド・スペースパターン8であれば有効である。これに対して、図9に示すように、長いエッジがx軸又はy軸に対して45°の方向のライン・アンド・スペースパターン9の場合は、10Aが投影光学系の瞳であるとすると、図8

（a）の4つの小光源11A～11Dのうちの2つの小光源11B及び11Dからの回折光は、0次回折光15B及び15Dのみが投影レンズの瞳10Aを通過し、±1次回折光16B及び16Dは瞳10Aを通過しないため、ウエハ14上でパターンを形成することはなく、単にウエハ14を一様に照明することになる。その結果、ウエハ14上でのパターンのコントラストが低下することとなる。

【0007】このことを簡単な数値計算で示す。0次回折光の強さに対する±1次回折光の強さをaとし、各小光源11A～11Dは点光源とみなす。このとき、y軸方向に長いライン・アンド・スペースパターンの場合のx軸上の像強度分布I(x)は各小光源による像強度分布の和として次のようになる。

【数1】

に、45°方向の座標軸をx'軸とすると、強度分布I(x')は次のようになる。

【数2】

$$+2\{1\}$$

$$=4\{1+(a^2/2)+a\cdot\cos[(4\pi/\lambda)(\sin\theta)x]\}$$

【0009】(数1)及び(数2)から各々の強度分布 なる。

のコントラスト $C_x$ 及び $C_{x'}$ を求めると、次のように 【数3】

$$C_x=2a/(1+a^2), C_{x'}=a/(1+a^2/2)$$

【0010】この場合、次式が成立する。

$$C_x-C_{x'}=a/\{(1+a^2)(1+a^2/2)\}>0$$

従って、次式が成立する。

【数4】 $C_x>C_{x'}$

【0011】従って、 $x$ 軸に $45^\circ$ で交差する方向に長いパターンのコントラストの低下が示される。例えばラインとスペースとの幅が等しい場合には、 $\pm 1$ 次回折光の強さ $a$ は $2/\pi$ となるので、次式のようになる。

$$C_x=0.906, C_{x'}=0.529$$

【0012】なお、上述の説明では複数傾斜照明法の場合を例として説明したが、例えば輪帯照明法等を使用した場合でも、像のコントラストをより改善することが望まれている。本発明は斯かる点に鑑み、光軸に対して傾斜した照明光を積極的に利用してレチクル等を照明する照明光学装置及びそのような照明光学装置を使用する露光方法において、そのレチクル等のパターンがその照明光の入射面に垂直な方向を長手方向とするライン・アンド・スペースパターンであるような場合に、投影光学系でそのレチクル等のパターンを投影したときに照明光学装置側の工夫でその像のコントラストを改善できるようにすることを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の照明光学装置は、例えば図3に示すように、照明光学系からの照明光によって物体(12)上の所定領域を均一に照明する照明光学装置において、その照明光学系は、その所定領域を斜め方向から照明する傾斜光(27B, 27C)を形成する傾斜光形成手段(24)と、その所定領域を斜め方向から照明する(傾斜照明する)その傾斜光を変換して、この傾斜光の入射面に対し直交した方向に直線偏光する照明光を形成する偏光手段(25B, 25C)とを有するものである。

【0014】また、第2の照明光学装置は、例えば図3に示すように、照明光を供給する光源(20)とこの照明光で物体(12)上の所定領域を均一に照明する集光光学系(26)とを有する照明光学装置において、その照明光によってその集光光学系の光軸に対し偏心した2次光源を形成してその所定領域を斜め方向から照明する傾斜光を形成する傾斜光形成手段(24)をその光源(20)とその集光光学系(26)との間に配置し、その所定領域を斜め方向から照明する(傾斜照明する)その傾斜光を変換して、この傾斜光の入射面に対し直交した方向に直線偏光する照明光を形成する偏光手段(25B, 25C)をその傾斜光形成手段(24)とその集光光学系(26)との間に配置したものである。この場

合、その傾斜光形成手段は、凹部を有する第1多面体プリズム(32)と凸部を有する第2多面体プリズム(33)とを有するものでもよい。また、本発明の露光装置は、その物体としてのレチクルを照明する本発明の照明光学装置と、そのレチクルのパターン像を感光基板に投影する投影光学系(13)とを有するものである。また、本発明による露光方法は、本発明の照明光学装置を用いてその物体としてのレチクルを照明し、そのレチクルのパターンを転写するものである。

【0015】

【作用】以下、本発明の原理につき偏心した4個の小光源からの照明光で物体を照明する複数傾斜照明法を例にとって説明する。まず、本発明の第1の照明光学装置によれば、例えば図3に示すように、物体(12)の所定領域を斜め方向から照明する傾斜光(27B, 27C)が形成され、これら傾斜光(27B, 27C)はそれぞれ物体(12)に対する入射面(紙面)に垂直な方向に直線偏光(入射面に垂直な方向に電気ベクトルが振動)している。なお、直線偏光とは、光波の電気ベクトルの振動方向が一平面内にある状態を意味し、電気ベクトルの振動方向を直線偏光の方向と定義する。また、入射面とは、光が媒質の境界面に達した時に、その点での面の法線と光の入射方向とを含む面の事と定義する。その図3の照明光学装置を簡略化すると図1のようになる。

【0016】図1(a)は図3の照明光学装置の2次光源部等の等価光源部10を示し、この図1(a)において、直交座標系を形成する $x$ 軸及び $y$ 軸に対してそれぞれ $45^\circ$ で交差する軸 $x'$ 及びこの軸 $x'$ と $y$ 軸に関して対称な軸に沿って4個の小光源11A~11Dが配置されている。

【0017】図1(b)はその図3の照明光学装置を用いた投影露光装置の概略構成を示し、この図1(b)において、等価光源部10は図1(a)の等価光源部と等しい。その等価光源部10の小光源11Aからの露光光の主光線15Aが図示省略したコンデンサーレンズ系を介してレチクル12に光軸AXに対して斜めに照射される。その主光線15Aが図3の傾斜光(27B, 27C)に対応する。その主光線15Aの入射面は図1

(b)の紙面に平行であるため、本発明によれば、その主光線15Aは図1(b)の紙面に垂直な方向に直線偏光(紙面に垂直な方向に電気ベクトルが振動)してレチクル12に入射する。同様に、図1(a)において、各小光源11B~11Dからの光は、図1(a)の矢印の

方向即ち、レチクル12に対する入射面に垂直な方向に直線偏光して図1(b)のレチクル12に入射する。

【0018】また、レチクル12からの0次回折光(これをも符号15Aで表す)及び1次回折光16Aは投影光学系13を経てウエハ14上に入射する。先ず、そのレチクル12に形成されたパターンが、従来例に好適なパターンである図1(a)のx軸又はy軸に平行な方向に長いライン・アンド・スペースパターンであるとする、そのパターンによりx方向又はy方向に回折された照明光は、偏光方向がそのパターンに対して45°方向であるので、ランダム偏光と同じ結像状況である。従って、コントラストは従来例と同様である。

【0019】これに対して、そのレチクル12に形成されたパターンが、図1(a)のx'軸に垂直な方向に長いライン・アンド・スペースパターン9であるとする、小光源11Aからの照明光15Aの1次回折光が投影光学系13の瞳内に入ることになる。尚、図1(b)ではx'軸は紙面と平行になっている。ここで、図1(b)に示すように、その照明光15Aの0次回折光1

$$I_s(x) = |U_s(x)|^2, \\ V_s(x) = a_0 \cdot \exp[-i(2\pi/\lambda)(\sin\theta_0)x] \\ + a_1 \cdot \exp[-i(2\pi/\lambda)(\sin\theta_1)x]$$

【0021】従って、強度分布 $I_s(x)$ は次のようになる。

$$I_s(x) = a_0^2 + a_1^2 \\ + 2a_0a_1 \cdot \cos[(2\pi/\lambda)(\sin\theta_0 - \sin\theta_1)x]$$

ここで、係数 $a_0$ 及び $a_1$ はそれぞれ0次回折光及び1次回折光の強さ(振幅)である。x'方向にピッチを持つライン・アンド・スペースパターンの場合、4つの小光源の内、2つは0次回折光しか投影光学系13を通過しないのでS偏光のコントラスト $C_s$ は次のようになる。

$$U_p(x) = (a_0 \cdot \exp[-i(2\pi/\lambda)(\sin\theta_0)x] \cdot \cos\theta_0 \\ + a_1 \cdot \exp[-i(2\pi/\lambda)(\sin\theta_1)x] \cdot \cos\theta_1, \\ a_0 \cdot \exp[-i(2\pi/\lambda)(\sin\theta_0)x] \cdot \sin\theta_0 \\ + a_1 \cdot \exp[-i(2\pi/\lambda)(\sin\theta_1)x] \cdot \sin\theta_1)$$

【0023】従って、P偏光の場合の像面上の強度分布 $I_p(x)$ は次のようになる。

$$I_p(x) = |U_p(x)|^2 \\ = a_0^2 + a_1^2 + 2a_0a_1 \\ \times (\cos\theta_0 \cos\theta_1 + \sin\theta_0 \sin\theta_1) \\ \times \cos[(2\pi/\lambda)(\sin\theta_0 - \sin\theta_1)x]$$

【0024】従って、P偏光の場合のコントラスト $C_p$ は次のようになる。

$$C_p = 2a_0a_1 \cos(\theta_0 - \theta_1) / (2a_0^2 + a_1^2)$$

(数7)と(数10)とを比較して、P偏光の場合は、コントラストが $\cos(\theta_0 - \theta_1)$ 倍となることが分かる。例えば、 $\sin\theta_0 = 0.4$ 、 $\sin\theta_1 = -0.4$ の場合を考えると、 $\cos(\theta_0 - \theta_1) = 0.68$ となり、P偏光の場合とS偏光の場合とは大きな

5A及び1次回折光15Bは共に偏光方向(電気ベクトルの振動する方向)がウエハ14の表面で平行なS偏光(図1(b)の紙面に垂直な方向に電気ベクトルが振動する光)である。従って、ウエハ14上における干渉効果がランダム偏光のときよりも大きくなり、高コントラストの像が作られる。このため、図9を用いて説明したようにx'方向に回折された場合に、回折光の一部が瞳外に出てしまうことによりコントラストが低下するという従来の不都合が補われることになる。

【0020】ここで、偏光方向による強度分布の差を簡単に以下に述べる。図2では、像面、即ちウエハ14の表面付近の様子をP偏光(電気ベクトルの振動方向が入射面内にある光)とS偏光(電気ベクトルの振動方向が入射面と垂直な光)を用いて示してある。0次回折光15A及び1次回折光16Aの入射角をそれぞれ $\theta_0$ 及び $\theta_1$ とすると、S偏光の場合の像面上の強度分布 $I_s(x)$ は振幅分布 $U_s(x)$ を用いて次のように簡単に示される。

【数5】

【数6】

【数7】 $C_s = 2a_0a_1 / (2a_0^2 + a_1^2)$

【0022】一方、P偏光の場合は、偏光のx成分と、z成分とを考えなくては行けない。P偏光の場合の像面上の振幅分布 $U_p(x)$ をベクトルで表して、x成分とz成分とを示すと次式が得られる。

【数8】

【数9】

【数10】

差がつく。ランダム偏光は、P偏光とS偏光との平均と考えられるので、コントラストは $(1/2)(1+0.68) = 0.84$ である。

【0025】このように、S偏光とすることにより、コントラストに大きな差が生じる。即ち、図1(a)のよ

うな偏光状態の照明光を使用すると、x 軸及び y 軸に対して  $45^\circ$  で交差する方向にエッジが平行なライン・アンド・スペースパターンに対して、従来よりも 2 割程度のコントラストの増加が見込まれ、微細パターンに有効であることが分かる。

【0026】なお、これまでは複数傾斜照明法を例にとって説明したが、本発明を例えば輪帯照明法に適用すると、例えば図 7 (a) に示すように、等価光源部 10 の輪帯状の光源からの光をそれぞれ入射面に垂直な方向、即ち光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する光に変換すればよい。

【0027】次に、本発明の第 2 の照明光学装置によれば、例えば図 3 に示すように、傾斜光を形成するのに、光源からの照明光により偏心した 2 次光源が形成されている。その 2 次光源を例えば図 1 (a) の等価光源 10 とみなせば、上述の説明はそのまま本発明にも適用される。

【0028】

【実施例】以下、本発明の第 1 実施例につき図 3 及び図 4 を参照して説明する。本例は投影露光装置の照明光学系に本発明を適用したものである。図 3 は本実施例の投影露光装置の照明光学系を示し、この図 3 において、水銀ランプよりなる光源 20 からの照明光が楕円鏡 21 で集光され、この集光された照明光がコリメータレンズ 22 を介してフライアイレンズ 23 (オプティカルインテグレータ) に入射する。フライアイレンズ 23 の射出側 (レチクル側) の焦点面には面状の 2 次光源が形成される。

【0029】フライアイレンズ 23 の射出端付近に光軸 AX に対して偏心した 4 個の開口が形成された空間フィルター 24 を設ける。また、この空間フィルター 24 の 4 個の開口のレチクル側 (又は光源 20 側でもよい) にそれぞれ偏光板 25A ~ 25D を被着する。但し、図 3 では偏光板 25B 及び 25C のみが現れている。図 4

(a) は図 3 の空間フィルター 24 をレチクル側から見た正面図、図 4 (b) は図 4 (a) の AA 線に沿う断面図であり、これら図 4 (a) 及び (b) に示すように、空間フィルター 24 には光軸 AX を中心として、 $90^\circ$  間隔で 4 個の開口 24a ~ 24d が形成され、これら開口がそれぞれ偏光板 25A ~ 25D で覆われている。また、それら偏光板 25A ~ 25D の偏光方向はそれぞれ矢印で示すように、光軸 AX を中心とした円周の接線方向に設定されている。従って、その空間フィルター 24 の開口 24a ~ 24d から射出される照明光は、それぞれ光軸 AX を中心とした円周の接線方向にほぼ平行な方向に直線偏光している。

【0030】図 3 に戻り、空間フィルター 24 により光軸 AX に対して偏心した 4 個の 2 次光源が形成される。それら 4 個の 2 次光源から射出された照明光はそれぞれ偏光板 25A ~ 25D を通過した後に、コンデンサーレ

ンズ系 26 を経てレチクル 12 に入射する。尚、コンデンサーレンズ系 26 の前側焦点 (光源側焦点) 位置には、空間フィルター 24 (偏光板 25A ~ 25D) が設けられており、レチクル 12 のパターン形成面はコンデンサーレンズ系 26 に関して空間フィルター 24 の配置面とフーリエ変換の関係にある。この場合、例えば空間フィルター 24 の開口 24b 及び 24c から射出された主光線 27B 及び 27C はコンデンサーレンズ系 26 を経てそれぞれレチクル 12 上に光軸 AX に対して斜めに入射する。また、これら主光線 27B 及び 27C はそれぞれレチクル 12 に対する入射面 (紙面方向) に対して垂直な方向に直線偏光している。

【0031】このような照明光学系を使用すると、本発明の原理説明で説明したように、例えばレチクル 12 上に図 4 (a) の開口 24a と 24c とを結ぶ直線に対して平行又は垂直な方向に長いエッジを有するライン・アンド・スペースパターンが形成されている場合に、従来よりも良好なコントラストのもとでそのパターンを投影光学系 13 を通してウエハ 14 上に投影することができる。ここで、図 3 の装置では、フライアイレンズ 23 の入射側面と物体面 (レチクル 12 又はウエハ 14) とが共役に構成されており、フライアイレンズ 23 の射出側面 (2 次光源 10) と投影光学系 13 の瞳面 10A とが共役に構成されている。なお、図 3 の構成の他に、フライアイレンズ 23 と空間フィルター 24 との間に別の大きな偏光板を配置し、空間フィルター 24 の 4 個の開口 24a ~ 24d の一部又は全部に  $1/2$  波長板を配置して、各  $1/2$  波長板の回転角を調整するようにしてもよい。これによっても、図 4 (a) に示すような、光軸 AX を中心とする円周の接線方向に偏光した照明光が得られる。この場合、別の大きな偏光板の偏光方向によつては、 $1/2$  波長板は空間フィルター 24 のすべての開口に設ける必要はない。

【0032】更に、例えば光源として直線偏光のレーザービームが射出されるようなレーザー光源を使用することにより、等価光源となる図 3 の空間フィルター 24 の全体を直線偏光の照明光で照明する場合には、空間フィルター 24 の 4 個の開口 24a ~ 24d の一部または全部に適当な回転方向の  $1/2$  波長板を設けるだけでよい。この場合、一部の開口に  $1/2$  波長板を設けるだけでもよいが、全部の開口に  $1/2$  波長板を設けるほうが照明のバラツキを低減する上で効果がある。このように  $1/2$  波長板を使用して偏光方向を調整した場合には、照明光の損失がないので照明効率が良い。

【0033】また、全体として円偏光の照明光を発生する装置を用いて、等価光源となる図 3 の空間フィルター 24 を照明する場合には、空間フィルター 24 の各開口に適当な回転方向の  $1/4$  波長板を設けることがよい。

【0034】次に、本発明の第 2 実施例につき図 5 を参照して説明する。図 5 は本例の投影露光装置を示し、こ

の図5において、光源20からの照明光は楕円鏡21、折り曲げミラー28及びインプットレンズ29を経てほぼ平行光束になる。その楕円鏡21と折り曲げミラー28との間にシャッター30を配置し、このシャッター30を駆動モーター31で閉じることにより、インプットレンズ29に対する照明光の供給を随時停止する。光源1としては、水銀ランプの外に、例えばKrFレーザー光等を発生するエキシマレーザー光源等を使用することができる。エキシマレーザー光源を使用する場合には、楕円鏡21～インプットレンズ29までの光学系の代わりにビームエクスパンダ等が使用される。

【0035】そして、インプットレンズ29から順に、4角錐型（ピラミッド型）の凹部を有する第1の多面体プリズム32及び4角錐型（ピラミッド型）の凸部を有する第2の多面体プリズム33を配置する。この第2の多面体プリズム33から射出される照明光は、光軸を中心として光軸の周囲に等角度で4個の光束に分割されている。

【0036】これら4個に分割された光束をそれぞれ第2群のフライアイレンズ34A、34B、34C及び34Dに入射させる。図5ではフライアイレンズ34A及び34Bのみが示されているが、図5の紙面に垂直な方向に光軸を挟んで2個のフライアイレンズ34C及び34Dが配置されている。そして、フライアイレンズ34Aから射出された光束は、レンズ系35A及び36Aよりなるガイド光学系を介してほぼ平行光束に変換されて第1群のフライアイレンズ37Aに入射する。同様に、第2群のフライアイレンズ34Bを射出した光束は、レンズ系35B及び36Bよりなるガイド光学系を介してほぼ平行光束に変換されて第1群のフライアイレンズ37Bに入射し、図示省略するも、第2群のフライアイレンズ34C及び34Dを射出した光束は、それぞれガイド光学系を介して第1群のフライアイレンズ37C及び37Dに入射する。

【0037】第1群のフライアイレンズ37A～37Dは光軸の回りに90°間隔で配置されている。第1群のフライアイレンズ37A～37Dのレチクル側焦点面にはそれぞれ面状の2次光源が形成されるが、それら2次光源の形成面にそれぞれ可変開口絞り38A～38Dを配置する。更に、これら可変開口絞り38A～38Dのレチクル側にそれぞれ偏光板39A～39Dを配置する。なお、図5では可変開口絞り13A、13B及び偏光板39A、39Bのみが現れている。

【0038】それら可変開口絞り38A～38Dから偏光板39A～39Dを透過して射出した照明光は、それぞれ補助コンデンサーレンズ40、ミラー41及び主コンデンサーレンズ42を経て適度に集光されてレチクル12をほぼ均一な照度で照明する。そのレチクル12のパターンが投影光学系13によりウエハステージWS上のウエハ14に所定の縮小倍率 $\beta$ で転写される。それら

偏光板39A～39Dの偏光方向は、光軸AXを中心とする円周の接線方向に平行である。例えば可変開口絞り38Aから偏光板39Aを透過して射出される光束の主光線43Aは、紙面に垂直な方向に直線偏光した状態でレチクル12上に光軸AXに対して斜めに入射する。なお、図5に示した偏光板39A～39Dは、実質的に、補助コンデンサーレンズ40と主コンデンサーレンズとの合成系のコンデンサーレンズ系の前側焦点（光源側焦点）位置に設けられており、この位置は実質的に投影光学系13の瞳面10Aと共役である。

【0039】本例によっても、レチクル12上の所定の方向のライン・アンド・スペースパターンのウエハ14上の投影像のコントラストを改善することができる。更に、第1群のフライアイレンズ37A～37Dの他に第2群のフライアイレンズ34A～34Dが設けられているので、レチクル12上の照度の均一性が更に改善されている。なお、図5において、偏光板39A及び39Bはそれぞれ例えばレー光学系の間の位置44A及び44Bに配置してもよく、更に他の位置に配置してもよい。また、光源20からの照明光が既に直線偏光であるような場合には、偏光板39A及び39Bの代わりに1/2波長板を使用してもよい。

【0040】次に、本発明の第3実施例につき図6及び図7を参照して説明する。本実施例は、先に説明した図3に示す第1実施例の空間フィルター24を変えて、図6(a)に示す如き輪帯状の開口240aを有する空間フィルター240をフライアイレンズ23の射出側に設けた例を示すものである。この空間フィルター240の配置により、フライアイレンズ23の射出側には、図6(a)に示す如く、光軸AXから偏心した輪帯状の2次光源45が形成され、この輪帯状の2次光源45からの光が、図3に示す如く、コンデンサーレンズ26、レチクル12を介して投影光学系13の瞳面10A（入射瞳面）に達する。ここで、説明を簡単にするために、レチクル12のライン・アンド・スペースパターンの回折作用による0次回折光と1次回折光との様子について考えると、この投影光学系13の瞳面10Aには、図6

(b)に示す如く、輪帯光源45と相似な輪帯状の0次回折光45Aと輪帯状の0次回折光45Aを横ずれさせた輪帯状の1次回折光45Bが形成される。

【0041】この場合、本例では図7(a)に示すように、等価光源部10の輪帯状の2次光源45から射出される照明光をそれぞれ光軸AXを中心とする円周の接線方向に偏光させる輪帯状の偏光板250が空間フィルター240上に設けられている。これにより、微細パターンに対して高コントラストの像を得ることができる。なお、図7(b)に示すように輪帯光源を円弧状の各ゾーンに分ける開口を持つ空間フィルター240を用いて、各ゾーン上に偏光板250A～250Hを設けて、各ゾーンごとに光軸AXを軸とする円周の接線方向の直

線偏光の照明光となるようにしてもよい。

【0042】なお、本発明は上述実施例に限定されず本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0043】

【発明の効果】本発明によれば、物体に対して傾斜して入射する照明光が入射面に垂直な方向に偏光しているので、その物体上のパターンがその照明光の入射面に垂直な方向を長手方向とするライン・アンド・スペースパターンであるような場合に、投影光学系でその物体のパターンを投影したときにその像のコントラストを大幅に改善できる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明による照明光学装置の原理の説明に供する等価光源を示す図、(b)は図1(a)の等価光源を使用した投影露光装置を示す概略構成図である。

【図2】本発明の原理の説明に供する図である。

【図3】本発明の第1実施例の投影露光装置の照明光学系を示す構成図である。

【図4】(a)は図3の空間フィルタ24及び偏光板25A～25Dを示す正面図、(b)は図4(a)のA線に沿う断面図である。

【図5】本発明の第2実施例の投影露光装置を示す構成図である。

【図6】(a)は本発明の第3実施例の等価光源及び空間フィルタ240を示す図、(b)は空間フィルタ240を用いた事による投影光学系13の瞳での回折光の様子を示す図である。

【図7】(a)は第3実施例の等価光源からの照明光の偏光状態を示す図、(b)は第3実施例の変形例の等価光源を示す図である。

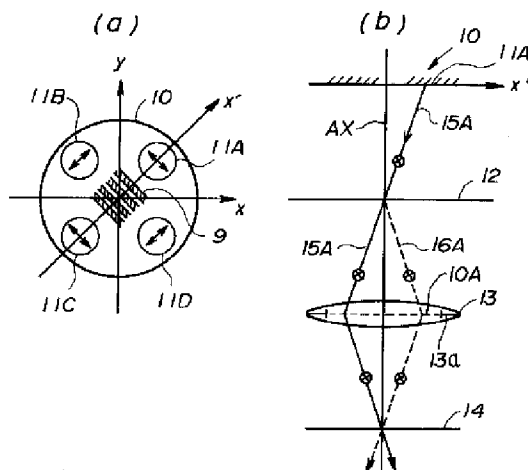
【図8】(a)は複数傾斜照明の等価光源を示す図、(b)は図8(a)の等価光源を用いた場合の投影光学系13の瞳での回折光の様子を示す図である。

【図9】複数傾斜照明で特定のパターンを照明した場合を示す図である。

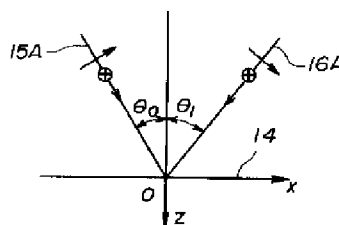
【符号の説明】

- 10 等価光源
- 11 A～11 D 小光源
- 12 レチクル
- 13 投影光学系
- 14 ウエハ
- 20 光源
- 22 コリメータレンズ
- 23 フライアイレンズ
- 24 空間フィルタ
- 24 a～24 d 開口
- 25 A～25 D 偏光板
- 26 コンデンサーレンズ系

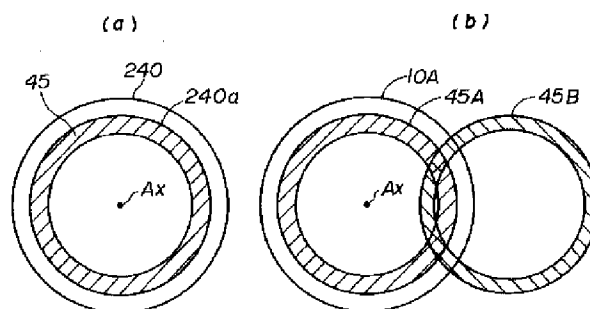
【図1】



【図2】

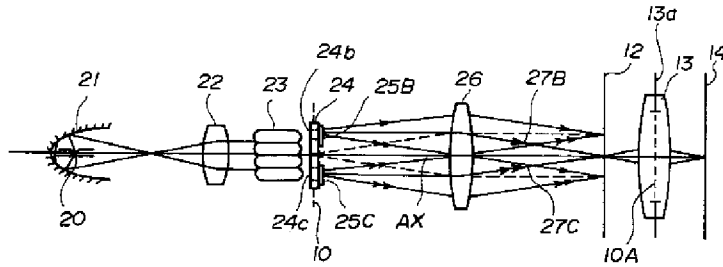


【図6】

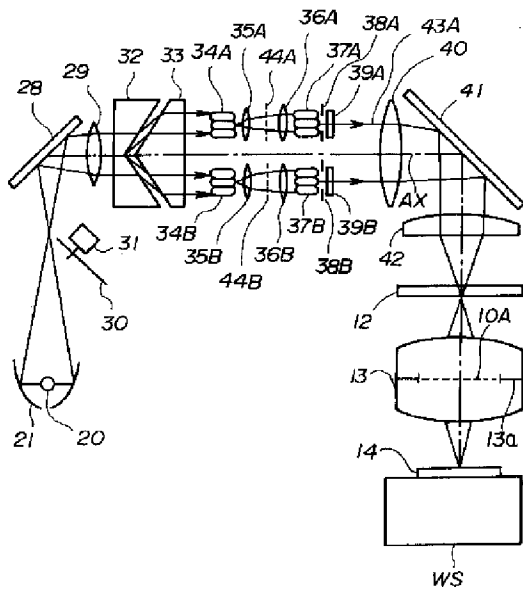




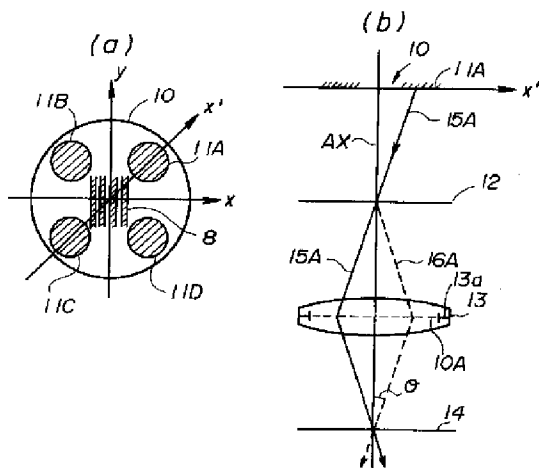
【図3】



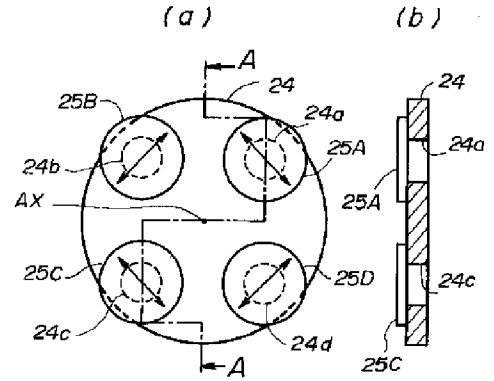
【図5】



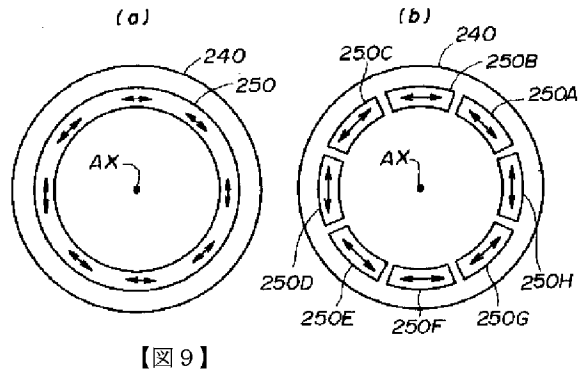
【図8】



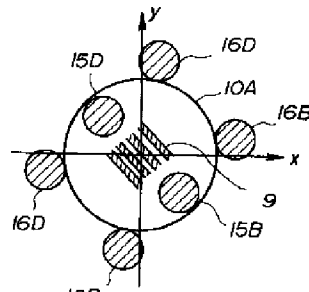
【図4】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int. Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

H01L 21/027